

Rec'd PCT/PTA 30 DEC 2004

PCT/DE 03/02134

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

10/519968



DE 03/2134

Handwritten signature

REC'D 14 AUG 2003

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 56 246.6

Anmeldetag: 02. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Magneto-resistives Schichtsystem und
Sensorelement mit diesem Schichtsystem

Priorität: 26.07.2002 DE 102 34 349.7

IPC: H 01 L, G 01 R

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Handwritten signature

Agurks

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

A 9161
03/00
EDV-L

Best Available Copy

24.10.02 Kut/Hx

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

5

Magnetoresistives Schichtsystem und Sensorelement mit diesem Schichtsystem

10

Die Erfindung betrifft ein magnetoresistives Schichtsystem sowie ein Sensorelement mit diesem Schichtsystem nach den unabhängigen Ansprüchen.

Stand der Technik

15

20

25

Aus dem Stand der Technik sind magnetoresistive Schichtsysteme oder Sensorelemente bekannt, deren Arbeitspunkt beispielsweise für den Einsatz in Kraftfahrzeugen durch auf verschiedene Weise erzeugte Hilfsmagnetfelder verschoben wird. Insbesondere ist die Erzeugung eines derartigen Hilfsmagnetfeldes durch montierte makroskopische Hartmagnete oder durch stromdurchflossene Feldspulen bekannt. In DE 101 28 135.8 ist daneben ein Konzept erläutert, bei dem eine hartmagnetische Schicht in der Nähe eines magnetoresistiven Schichtstapels, insbesondere auf oder unter dem Schichtstapel, deponiert wird, die vor allem durch ihr Streufeld an die eigentlichen sensitiven Schichten ankoppelt. Dabei steht eine möglichst hohe Koerzitivität als Zielparameter sowie andererseits das remanente Magnetfeld als beschränkender Parameter im Vordergrund. Weiter bewirkt eine solche hartmagnetische Schicht bei einer vertikalen Integration einen elektrischen Kurzschluss der benachbarten sensitiven Schichten des magnetoresistiven Schichtsystems, was einen erwünschten GMR-Effekt bzw. AMR-Effekt sowie die Sensitivität des Schichtsystems gegenüber äußeren Magnetfeldern beschränkt.

30

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war Bereitstellung einer Möglichkeit, kostengünstig und einfach ein magnetisches Bias-Feld oder Hilfsmagnetfeld zu generieren, das auf einen magnetoresistiven Schichtstapel einwirkt, um damit magnetoresistive Sensorelemente, insbesondere für den Einsatz in Kraftfahrzeugen, preiswert und dennoch zuverlässig herstellen zu können.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße magnetoresistive Schichtsystem hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass über die in einer Umgebung des insbesondere auf der Grundlage des GMR- oder AMR-Effektes arbeitenden magnetoresistiven Schichtstapels vorgesehene Schichtanordnung ein erhöhtes magnetisches Streufeld bei gleichzeitig erhöhter Koerzitivität oder Koerzitivfeldstärke bereitgestellt wird, wobei gleichzeitig die Schichtanordnung einfach und kostengünstig zu erzeugen bzw. in das Schichtsystem zu integrieren ist. Insbesondere weist die Schichtanordnung eine sehr dünne Bauform vor allem hinsichtlich der Dicke der hartmagnetischen Schicht auf.

Daneben ist vorteilhaft, dass die Schichtanordnung in einem gewissem Rahmen die Möglichkeit bietet, die Stärke des durch die hartmagnetische und die weichmagnetische Schicht erzeugten Streufeldes zu variieren, und dass die insbesondere dünne weichmagnetische Schicht, die an die hartmagnetische Schicht angekoppelt bzw. zu dieser benachbart angeordnet ist, die Entmagnetisierung der hartmagnetischen Schicht bei Anlegen eines äußeren magnetischen Wechselfeldes durch Domänenstreufelder (sogenanntes "Creeping") verhindert, wie dies in Phys. Rev. Lett., 84, (2000), Seite 1816 und Seite 3462 beschrieben ist.

Im Übrigen weist ein System aus einer hartmagnetischen und einer weichmagnetischen Lage generell eine gegenüber einer rein hartmagnetischen Schicht erhöhte Magnetisierung, d.h. ein höheres magnetisches Moment pro Volumen, auf. Dadurch erhöht sich bei gleicher Gesamtschichtdicke die Feldstärke des magnetischen Streufeldes einer Schichtanordnung mit einer hartmagnetischen und einer weichmagnetischen Schicht, die insbesondere ferromagnetisch austauschgekoppelt sind, gegenüber der Feldstärke lediglich einer hartmagnetischen Schicht.

Vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung ergeben sich aus den in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen.

So weist bei einer ferromagnetisch austauschgekoppelten Schichtanordnung mit mindestens einer weichmagnetischen und mindestens einer hartmagnetischen Schicht bei Anlegen eines äußeren Magnetfeldes mit einer von der Magnetisierungsrichtung abweichenden Orientierung die weichmagnetische Schicht vorteilhaft eine chirale Magnetisierung auf, die bei Abschalten des äußeren Feldes in eine zu der hartmagnetischen Magnetisierung parallele Ausrichtung zurück-

springt, wie dies in IEEE Trans. Magn., 27, (1991), Seite 3588, beschrieben ist. Insbesondere wird die Magnetisierung der weichmagnetischen Schicht kohärent rotiert und nicht durch Domänennukleation ummagnetisiert. Somit können Streufelder anderer oder weiterer weichmagnetischer Schichten (Domänenstreufelder) in geringer Entfernung die hartmagnetische Schicht nicht entmagnetisieren.

Weiter lässt sich das Konzept des Aufbaus des magnetoresistiven Schichtsystems problemlos in bestehende magnetoresistive Sensorelemente oder Schichtsysteme mit GMR-Multilagen, magnetoresistive Sensorelemente oder Schichtsysteme nach dem Spin-Valve-Prinzip, AMR-Sensorelemente oder auch Sensorelemente basierend auf granularen Magnetowiderständen oder Magnetowiderständen hervorgerufen durch strukturelle Änderungen von Materialeigenschaften einfügen bzw. in die entsprechenden Herstellungsprozesse integrieren. Die Deposition der einzelnen Schicht des Schichtsystems ist dabei unkritisch gegenüber bekannten Einflussfaktoren.

Zeichnungen

Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt Figur 1 Magnetisierungskurven verschieden aufgebauter Schichtanordnungen im Vergleich und Figur 2 einen Schnitt durch ein magnetoresistives Schichtsystem auf einem Substrat.

Ausführungsbeispiele

Die Figur 2 zeigt ein Substrat 10 beispielsweise aus Silizium oder Siliziumoxid auf dem sich über einer optional vorhandenen Buffer-Schicht 11, beispielsweise aus Cr, W oder Mo, eine hartmagnetische Schicht 12 und auf der hartmagnetischen Schicht 12 eine weichmagnetische Schicht 13 befindet. Diese beiden Schichten 12, 13 bilden ein Schichtanordnung 15.

Auf der weichmagnetischen Schicht 13 ist ein an sich bekannter, bevorzugt auf der Grundlage des GMR-Effektes ("Giant Magnetoresistance") oder AMR-Effektes ("Anisotropic Magnetoresistance") arbeitender magnetoresistiver Schichtstapel 14 vorgesehen. Bevorzugt weist der Schichtstapel 14 eine Mehrzahl von Einzelschichten auf, die nach dem Prinzip der gekoppelten Multilagen oder dem Spin-Valve-Prinzip arbeiten. Schichtstapel 14 und Schichtanordnung 15 sind somit vertikal integriert und bilden gemeinsam ein magnetoresistives Schichtsystem 5.

5 Weiter kann der magnetoresistive Schichtstapel 14 auch aus einem CMR-Material ("Colossal Magnetoresistance") wie $\text{La}_{0,67}\text{Ca}_{0,33}\text{MnO}_3$ aufgebaut sein. In diesem Fall weist der magnetoresistive Schichtstapel 14 ein Material auf, in dem durch ein Magnetfeld oder auch eine Temperaturänderung eine strukturelle Änderung ("Jahn-Teller-Effekt") induzierbar ist, die einen elektrischen Übergang des Materials von einem Leiter bzw. Metall zu einem Isolator bewirkt. Dadurch können Änderungen des elektrischen Widerstandes von mehr als 100% auftreten. Überdies werden unter einem solchen CMR-Material auch "Pulver Magnetowiderstände" ("PMR" oder "Powder Magnetoresistance") verstanden, bei denen ein Magnetowiderstand zwischen 10 einzelnen granularen magnetischen Teilchen mit unterschiedlichen Magnetisierungen entsteht.

15 Bevorzugt ist auf der hartmagnetischen Schicht 12 eine ferromagnetisch austauschgekoppelte, dünne, weichmagnetische Schicht 13 deponiert. Dabei nutzt man aus, dass in einem bestimmten Schichtdickenbereich die weichmagnetische Schicht 13 sowohl eine erhöhte Koerzitivität als auch einen erhöhten Betrag des magnetischen Streufeldes der Schichtanordnung 15 gewährleistet. Insbesondere erhöht die weichmagnetische Schicht 13 bezogen auf eine vergleichbare Schichtdicke einer rein hartmagnetischen Schicht den Betrag des Streufeldes überproportional entsprechend der hohen Sättigungsmagnetisierung der weichmagnetischen Schicht 13.

20 Dies erlaubt es, die Schichtanordnung 15 mit einer jeweils ferromagnetischen jedoch einerseits weichmagnetischen und andererseits hartmagnetischen Schicht 11, 12 bei einem gleichen zu generierenden Streufeld und gleicher oder höherer Koerzitivität dünner auszuführen als eine rein hartmagnetische Schicht mit entsprechenden Parametern ausgeführt wäre. Die so verringerte Dicke erhöht den elektrischen Widerstand der Schichtanordnung 15 und damit den GMR-Effekt oder AMR-Effekt in dem magnetoresistiven Schichtstapel 14, was auch zu einer verbesserten Sensitivität des Schichtsystems 5 bei einer Messung von von Außen auf dieses einwirkenden Magnetfeldern führt.

30 Im Übrigen sind die vergleichsweise teuren hartmagnetischen Materialien der hartmagnetischen Schicht 12 im Vergleich zu den vergleichsweise preiswerten weichmagnetischen Materialien der weichmagnetischen Schicht 13 ein relevanter Kostenfaktor, d.h. die Herstellungskosten für die Schichtanordnung 15 werden durch den Einsatz der weichmagnetischen Schicht 13 reduziert. Zudem verhindert die weichmagnetische Schicht 13 eine Entmagnetisierung der hartmagnetischen Schicht 12 bei einem anliegenden äußeren magnetischen Wechselfeld.

Bevorzugt wird gemäß Figur 2 eine weichmagnetische Schicht 13 aus einer CoFe-Legierung wie $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$, Co, Fe, Ni, einer FeNi-Legierung wie $\text{Fe}_{19}\text{Ni}_{81}$ sowie magnetischen Legierungen, die diese Materialien beinhalten, mit einer Dicke zwischen 1 nm und 50 nm, über die, wie erläutert, Eigenschaften der Schichtanordnung 15 einstellbar sind, auf oder unter der hartmagnetischen Schicht 12 deponiert. Bevorzugt hat die weichmagnetische Schicht 13 eine Dicke von 1 nm bis 10 nm. Die hartmagnetische Schicht besteht bevorzugt aus einer CoCrPt-Legierung wie $\text{Co}_{75}\text{Cr}_{13}\text{Pt}_{12}$, einer CoSm-Legierung wie $\text{Co}_{80}\text{Sm}_{20}$, einer CoCr-Legierung wie $\text{Co}_{80}\text{Cr}_{20}$, einer CoCrTa-Legierung wie $\text{Co}_{84}\text{Cr}_{13}\text{Ta}_3$, einer CoPt-Legierung wie $\text{Co}_{50}\text{Pt}_{50}$ oder einer FePt-Legierung wie $\text{Fe}_{50}\text{Pt}_{50}$. Die Dicke der hartmagnetischen Schicht 12 liegt bevorzugt zwischen 20 nm und 100 nm.

Bevorzugt befindet sich die weichmagnetische Schicht 13 zwischen dem magnetoresistiven Schichtstapel 14 und der hartmagnetischen Schicht 12.

Alternativ zu dem mit Hilfe der Figur 2 erläuterten Beispiel kann auch eine Mehrzahl von insbesondere unterschiedlich zusammengesetzten und/oder unterschiedlich dicken weichmagnetischen Schichten 13 vorgesehen sein, die sich unter oder bevorzugt entsprechend Figur 2 auf der hartmagnetischen Schicht 12 befinden, und die bevorzugt jeweils eine Dicke zwischen 1 nm und 50 nm, insbesondere 1 nm bis 10 nm, aufweisen und aus den o.g. Materialien bestehen. Weiter kann die Schichtanordnung 15 auch aus Multilagen von mehreren weichmagnetischen Schichten 13 und hartmagnetischen Schichten 12 mit Schichtpaaren entsprechend Figur 2 aufgebaut sein.

Diesen Varianten ist gemein, dass die ferromagnetisch gekoppelten weichmagnetischen und hartmagnetischen Schichten 12, 13 stets als Doppel- oder Multilagen in der Nähe des magnetoresistiven Schichtstapels 14 deponiert sind.

Technologisch vorteilhaft weil insbesondere einfach zu realisieren ist die bereits erläuterte Deposition der Schichtanordnung 15 unter oder über dem Schichtstapel 14. Alternativ kann die Schichtanordnung 15 jedoch auch einseitig oder beidseitig neben dem Schichtstapel 14 angeordnet oder auch in den Schichtstapel 14 integriert sein.

Die Figur 1 zeigt eine erste Magnetisierungskurve 1, d.h. die Stärke der Magnetisierung als Funktion eines magnetischen Feldes, für eine ausschließlich hartmagnetische Schicht, eine

5 zweite Magnetisierungskurve 2 für diese hartmagnetische Schicht mit einer darauf aufgebracht-
ten, dünnen weichmagnetischen Schicht und eine dritte Magnetisierungskurve 3 für diese hart-
magnetische Schicht mit einer darauf aufgetragenen, gegenüber der Kurve 2 dickeren weich-
magnetischen Schicht. Die Magnetisierung ist dabei die Summe magnetischen Momente, d.h.
eine erhöhte Magnetisierung bedeutet auch eine erhöhte Feldstärke des Streufeldes.

10 Man entnimmt aus Figur 1, dass die Schichtanordnung 15 je nach Wahl der Schichtdicke der
weichmagnetischen Schicht eine gegenüber der rein hartmagnetischen Schicht 12 erhöhte
Koerzitivität und erhöhte remanente Magnetisierung aufweist. Dies beruht darauf, dass die
weichmagnetische Schicht 13 aufgrund des hohen magnetischen Momentes des sie bildenden
Materials ein vergleichsweise hohes Streufeld erzeugt, und dass die Ankoppelung der weich-
magnetischen Schicht 13 an die hartmagnetische Schicht 12 dieses hohe magnetische Moment
in Richtung der Magnetisierung der hartmagnetischen Schicht 12 ausrichtet. Dadurch ergibt
sich insgesamt eine hohe Feldstärke des Streufeldes.

22.07.02 Kut

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

5

Patentansprüche

1. Magneto-resistives Schichtsystem, wobei in einer Umgebung eines insbesondere auf
10 der Grundlage des GMR- oder AMR-Effektes arbeitenden magneto-resistiven Schichtstapels
(14) eine Schichtanordnung (15) vorgesehen ist, die ein Magnetfeld erzeugt, das auf den
magneto-resistiven Schichtstapel (14) einwirkt, und wobei die Schichtanordnung (15) mindes-
tens eine hartmagnetische Schicht (12) und eine weichmagnetische Schicht (13) aufweist.

15 2. Magneto-resistives Schichtsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die
hartmagnetische Schicht (12) und die weichmagnetische Schicht (13) ferromagnetisch aus-
tauschgekoppelt sind.

20 3. Magneto-resistives Schichtsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
dass die Schichtanordnung (15) auf und/oder unter und/oder neben dem Schichtstapel (14) an-
geordnet ist.

25 4. Magneto-resistives Schichtsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch
gekennzeichnet, dass die Schichtanordnung (15) eine Mehrzahl von weichmagnetischen
Schichten (13) und hartmagnetischen Schichten (12) aufweist, die insbesondere zu Schichtpaa-
ren mit einer hartmagnetischen Schicht (12) und einer dazu benachbarten weichmagnetischen
Schicht (13) zusammenfassbar sind.

30 5. Magneto-resistives Schichtsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch
gekennzeichnet, dass die weichmagnetische Schicht (13) aus einer CoFe-Legierung, Co, Fe, Ni,
einer FeNi-Legierung sowie magnetischen Legierungen, die diese Materialien beinhalten, be-
steht.

6. Magneto-resistives Schichtsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die weichmagnetische Schicht (13) eine Dicke zwischen 1 nm und 50 nm, insbesondere 1 nm bis 10 nm, aufweist.

5 7. Magneto-resistives Schichtsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die hartmagnetische Schicht (12) aus einer CoCrPt-Legierung, einer CoSm-Legierung, einer CoCr-Legierung, einer CoCrTa-Legierung, einer CoPt-Legierung oder einer FePt-Legierung besteht.

10 8. Magneto-resistives Schichtsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die hartmagnetische Schicht (13) eine Dicke zwischen 20 nm und 100 nm aufweist.

15 9. Sensorelement, insbesondere zu Detektion von Magnetfeldern hinsichtlich Stärke und/oder Richtung, mit einem magneto-resistiven Schichtsystem (5) nach einem der vorangehenden Ansprüche.

22.07.02 Kut

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

5

Magnetoresistives Schichtsystem und Sensorelement mit diesem Schichtsystem

Zusammenfassung

10

Es wird ein magnetoresistives Schichtsystem (5) vorgeschlagen, wobei in einer Umgebung eines insbesondere auf der Grundlage des GMR- oder AMR-Effektes arbeitenden magnetoresistiven Schichtstapels (14) eine Schichtanordnung (15) vorgesehen ist, die ein Magnetfeld erzeugt, das auf den magnetoresistiven Schichtstapel (14) einwirkt, und wobei die Schichtanordnung (15) mindestens eine hartmagnetische Schicht (12) und mindestens eine weichmagnetische Schicht (13) aufweist. Weiter wird ein Sensorelement insbesondere zu Detektion von Magnetfeldern hinsichtlich Stärke und/oder Richtung mit einem solchen Schichtsystem (5) vorgeschlagen.

15

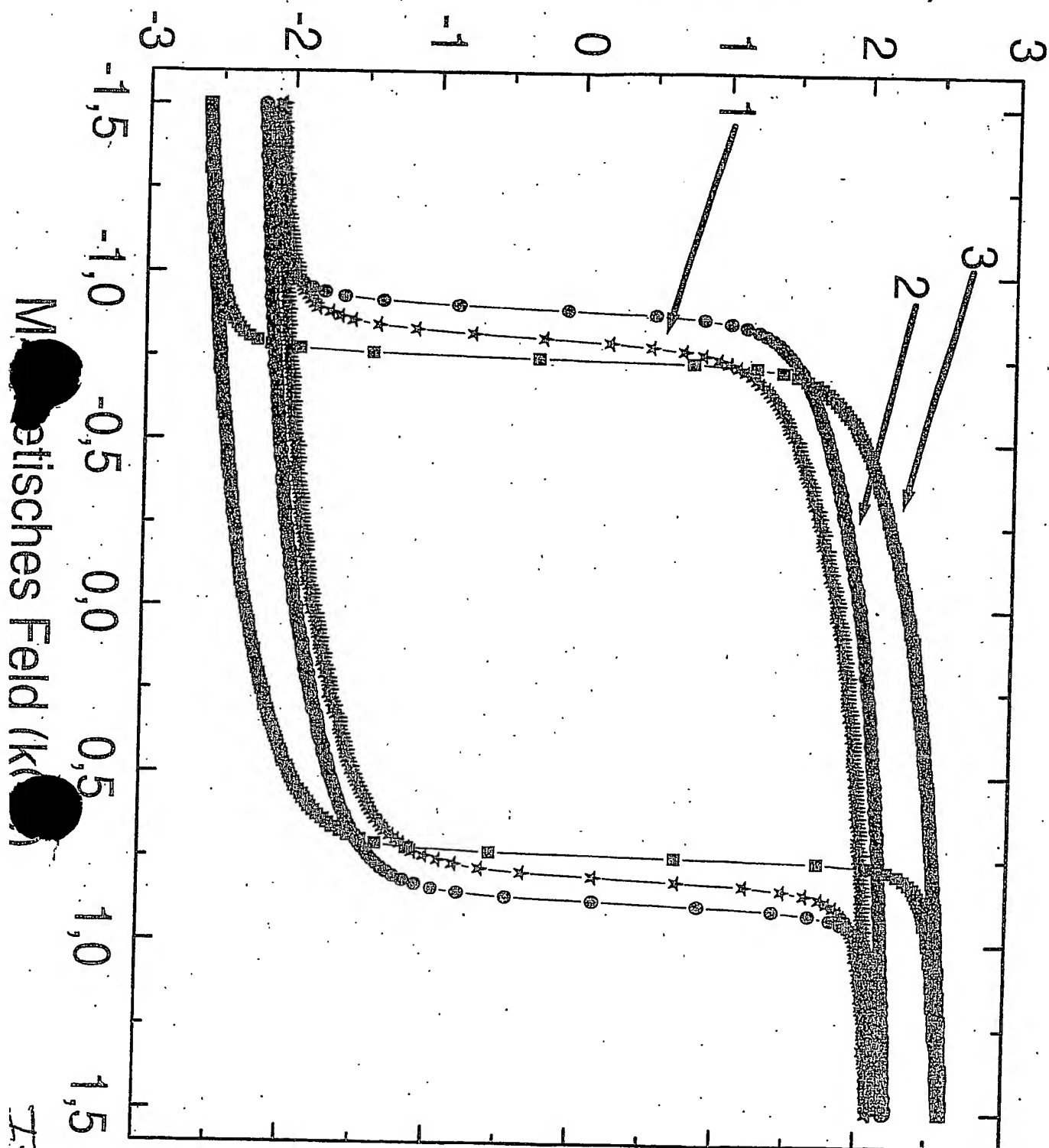
20

Figur 2



R. 303832-IP

Magnetisierung ($\text{emu} \cdot 10^{-4}$)



Magnetisches Feld (kOe)

1

Best Available Copy

02.12.02

14

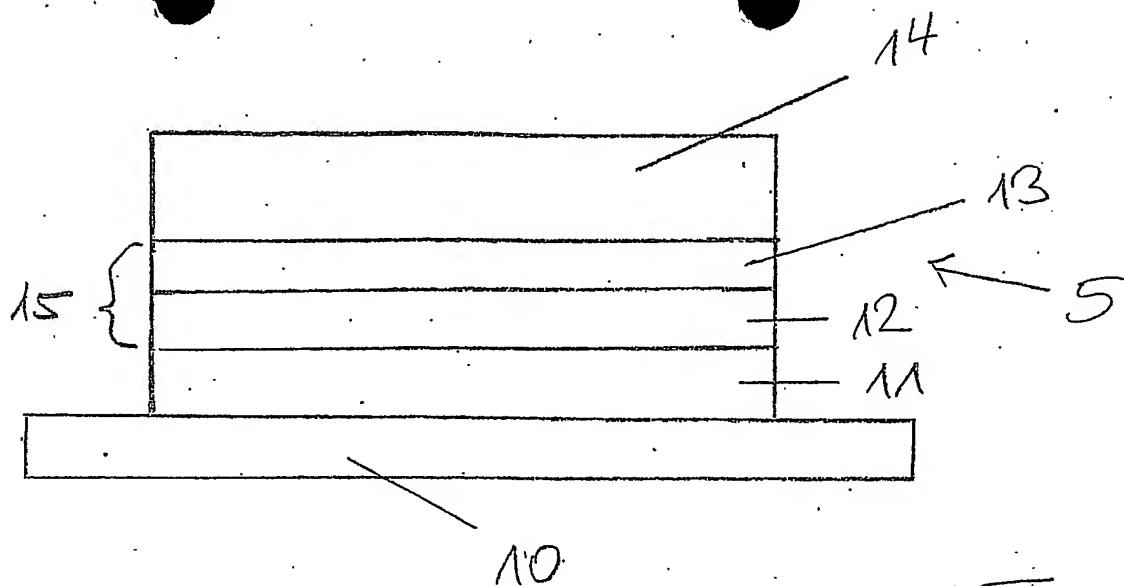


Fig. 2